SYSTEMATISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER ZENTRISCHE PENDEL–BESTRAHLUNGEN MIT PHOTONEN VON 42 MeV UND 25 MeV BEI VERSCHIEDENEN ACHSFELDBREITEN.

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der

HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

vorgelegt von

Paul ROHR

Saarbrücken

1972

AUS DER STRAHLENKLINIK DER UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

(Direktor: Professor Dr. med. SOMMER)

SYSTEMATISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER ZENTRISCHE PENDEL-BESTRAHLUNGEN MIT PHOTONEN VON 42 MeV UND 25 MeV BEI VERSCHIEDENEN ACHSFELDBREITEN.

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der

HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT

DER UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

1972

vorgelegt von
Paul R O H R

geb. am 5. 3. 1944 in Quierschied

DEKAN: Prof. Dr. med. KULENKAMPFF

REFERENT: Prof. Dr. med. SOMMER

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Die mündl. Prüfung wurde am 13. 11. 1972 abgelegt.

Meinen Eltern gewidmet

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41542725_0080

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Einführung	4
Literaturrückblick	5
Eigene Messungen	11
Diskussion der Meßergebnisse	17
Zusammenfassung	21
Kurven	22
Schrifttumsverzeichnis	30
Danksagung	35
Lebenslauf	36
Eidesstattliche Erklärung	37

EINFÜHRUNG

Seit der Einführung energiereicher Strahlen in die Strahlentherapie um 1950 wurde eine Vielzahl neuer Methoden und Geräte entwickelt. So stieg beispielsweise die Leistung der Therapiegeräte von 2 MeV bis zu 42 MeV an. Hierdurch erhoffte man, bessere Ergebnisse als in früheren Jahren zu erzielen. Über die Vor- und Nachteile der Bewegungsbestrahlung gegenüber der Stehfeldbestrahlung ist viel diskutiert und geschrieben worden.

Bisher wurde ein Großteil der Bewegungsbestrahlung mit konventionellen Röntgenstrahlen und mit Strahlen des ^{60}Co durchgeführt. Mit dem 42 MeV Siemens Betatron besteht nun die Möglichkeit, hochenergetische Bremsstrahlen zu erzeugen. Es erhebt sich jedoch die Frage, wie sich die Isodosen bei Anwendung dieser hochenergetischen Strahlung verhalten. Die Literatur gibt kaum Aufschluß darüber, da ein Gerät dieser Leistung vorher nicht existierte. Einige Angaben aus Versuchen früherer Jahre sind für den Vergleich jedoch interessant.

LITERATURRÜCKBLICK

Um die Haut zu schonen und die Strahlen auf den Herd zu konzentrieren, fixierten TRUMP und Mitarb. den Patienten auf einem drehbaren Stuhl. In Versuchen bestrahlten sie ein Phantom mit 2 MeV Röntgenstrahlung, erzeugt mit dem 2 MeV-Röntgenstrahl-Generator, Typ van de Graaff. Sie bestrahlten bei 2 MeV mit einem 15 cm breiten Feld ein körperähnliches Phantom, das in der größeren Achse 36 cm, in der kleineren eine Ausdehnung von 23 cm hatte. Das Phantom wurde voll mit dem Drehstuhl rotiert. Der Fokus-Achsen-Abstand betrug 108 cm. Die Dosierung wurde anhand des Schwärzungsgrades eines Filmes, der flach in der Einstrahlebene zwischen zwei Platten des Phantoms gepreßt wurde, ermittelt. Die Belichtungsstärke des entwickelten Films wurde photometrisch in relative Röntgenisodosen übertragen. Als Kontrolle wurde hierzu ein mit bekannten Energien bestrahlter Film benutzt. Die Isodosen lagen ellipsoid um die Drehachse, wobei die größere Ausdehnung sich in den kleineren Durchmesser, also bei dem körperähnlichen Phantom in die dorsoventrale Richtung erstreckte.

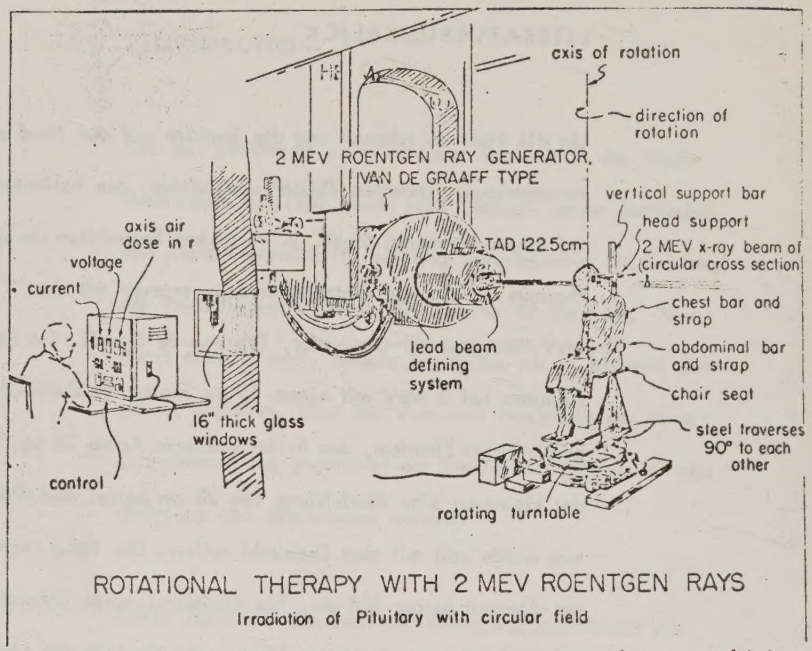


FIG. 8. Rotation mount and 2 million volt roentgen-ray source are shown arranged for treatment of pituitary.

Der große Nachteil bei dieser Methode bestand bei der Herdverlagerung im Routinebetrieb. Es war schwierig, den Patienten bei den verschiedenen Bestrahlungssitzungen immer wieder in die gleiche Stellung zu bringen und ihn während der Bestrahlung exakt darin zu halten. Dadurch war es nicht garantiert, daß das Dosismaximum immer genau an die gleiche Stelle plaziert werden konnte.

Eine geeignetere Bestrahlung ergibt sich bei beweglichem Gerät und ruhig liegendem Patienten. Ein solches Gerät ist zum Beispiel das 15 MeV-Betatron der Siemens-Reiniger-Werke, mit dem K. GUND und R. SCHITTENHELM Pendelbestrahlungen mit Photonen durchgeführt haben. Auch sie betonten die Vorteile der Bewegungsbestrahlung gegenüber der Stehfeldbestrahlung und wiesen außerdem auf die günstigere Dosisverteilung bei 15 MeV Röntgenstrahlen gegenüber der kV Strahlung hin. Sie erzielten bei der Pendelbestrahlung mit der 15 MeV Elektronenschleuder eine mit Röntgenanlagen unter 2 MeV nicht erreichbare Dosisverteilung. Besonders vorteilhaft war die konstante Dosis innerhalb eines scharf umgrenzten Herdvolumens bei Schonung des umgebenden Gewebes. Auch sie bestimmten die Dosis durch Filmschwärzung in einem Wachsphantom und zusätzlich noch mit Ionisationskammern in einem Wasserphantom. Für die Röntgenstrahlmessungen wurde dabei die SIEMENS-Fingerhutkammer in Verbindung mit dem Universaldosimeter benutzt.

Auch andere Autoren arbeiteten mit 15 MeV Photonen und dem oben erwähnten Gerät: so J. BECKER, R. BLÖCH und

F. WACHSMANN, die zum Beispiel eine Rotationsbestrahlung um 360° durchführten und hierbei in einem elliptischen Phantom fast konzentrische, in etwa kreisförmige Isodosen erhielten, deren Durchmesser allerdings in der größeren Achse des Phantoms etwas ausgedehnter ist.

F. HEINZLER, M. HOHN und H. L. MOHR publizierten in der Zeitschrift "Die Strahlentherapie" sieben Veröffentlichungen ausführlich über die Pendelbestrahlung mit Photonen. Die Düsseldorfer Strahlenklinik besitzt seit 1957 ein 15,5 MeV Betatron-Gerät der Siemens - Reiniger Werke. Mit 15 MeV Bremsstrahlung wurden serienmäßige Messungen durchgeführt. Bei diesen Untersuchungen wurden Ionisationskammern benutzt. Die Messungen wurden nicht an einem geometrischen Körper vorgenommen, sondern im Wasserphantom der Physikalisch - Technischen Werkstätten Dr. PYSCHLAU, K. G., Freiburg, das eine körperähnliche Form hat. Der FHA betrug 50 cm, wobei die Objektoberfläche 17,5 cm vom Strahlenaustrittsfenster entfernt war. Bei diesen Messungen konnte folgendes festgestellt werden:

"Pendelachse und Dosismaximum waren bei einem Winkel von 90° beidseits praktisch identisch.
Die Größe des ausgeblendeten Feldes entsprach annähernd der 80 % Isodose.
Mit kleiner werdendem Pendelwinkel und tiefer liegender Pendelachse trat eine zunehmende Auswanderung des Dosismaximums auf der Winkelhalbierenden in der Einstrahlrichtung auf.
Die 80 % Isodose lag fast kreisförmig, konzentrisch um die Pendelachse."

Neue Erfahrungen gab es in den letzten Jahren durch das 42 MeV Betatron der Siemens Werke. H. HEUSS und W. HOEFFKEN verglichen die Isodosen einer 43-MeV-Elektronen-Pendelbestrahlung mit den Isodosen einer 40 MeV Bremsstrahlung und den Isodosen einer Kobalt-60-Strahlung. (Es wurde mit einem 6 x 12 cm großen Feld um 360° gependelt.) Bei Rotationsbestrahlung um den Körpermittelpunkt unterschieden sich Elektronen und Bremsstrahlung trotz ihrer unterschiedlichen Tiefendosisverläufe nur geringfügig. Während bei Photonen alle Isodosen fast kreisförmig waren, besaßen die Elektronen-Isodosen eine dem Phantomkörperumriß ähnliche ellipsoide Gestalt. Die kleine Achse der Ellipse lag in

der a. p. Richtung. Bei den Kobalt-60-Isodosen war es umgekehrt; die große Achse der ellipsoiden Isodosen lag in der a. p. Richtung. Die Oberflächenbelastung war bei der Bremsstrahlung am niedrigsten, bei ^{60}Co am höchsten.

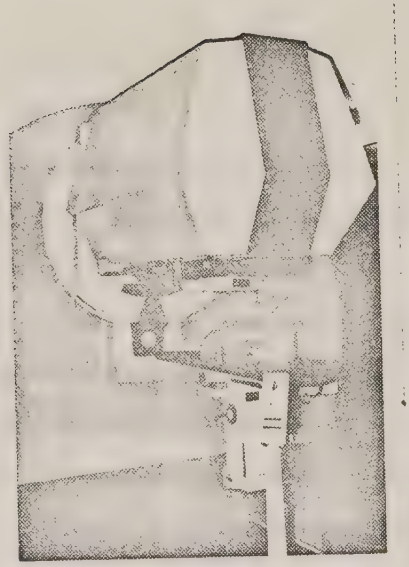
Zusammenfassend konnte gesagt werden: "Bei Elektronenpendelbestrahlung bis zu 180° war, verglichen mit ultraharter Bremsstrahlung und Kobalt-60-Strahlung, eine stärkere Schonung der anderen Körperhälfte möglich. Hingegen lag die Oberflächendosis der bestrahlten Körperhälfte bei Elektronen höher als bei Photonen, im allgemeinen jedoch niedriger als bei Kobalt-60-Strahlung."

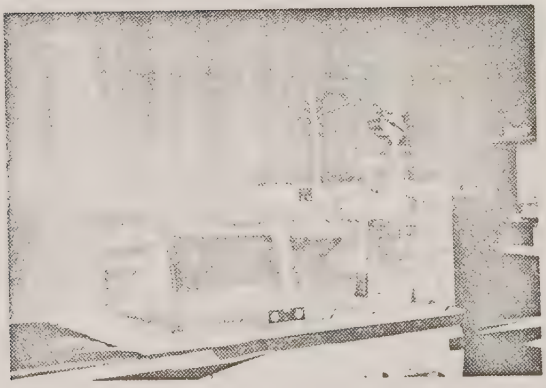
EIGENE MESSUNGEN

Methode

Die Fragestellung bei den eigenen Untersuchungen war nun, die Isodosen bei zentrischen 42 MeV und 25 MeV Pendelbestrahlungen und verschiedenen Achsfeldbreiten zu ermitteln.

Unsere eigenen Messungen waren rein systematischer Art. Es wurden Pendelungen um die Mittelachse eines Wasserphantoms durchgeführt, wobei der größtmögliche Pendelwinkel des Gerätes ausgenutzt wurde. Die Messungen wurden mit dem Wasserphantom der Firma PYSCHLAU durchgeführt. Als Meßkammer wurde die Mikrokammer der Firma Dr. PYSCHLAU, K. G., Freiburg, benutzt, in Verbindung mit dem Duplex Dosimeter.





Versuchsanordnung

Vor jeder Messung wurde das Phantom eingerichtet. Zunächst wurde die Lage des Phantoms mit einer Wasserwaage kontrolliert und genau in die Horizontale gebracht. Daraufhin wurde der Fokus-Haut-Abstand mit dem einrastbaren Lineal gemessen und das Phantom in die richtige Höhenlage gebracht. Auf die Phantomoberfläche wurde die Feldgröße eingezeichnet, die durch die Lichtoptik angegeben war. Ebenso wurde die Achsfeldlage, die durch die optische Achsenangabe angezeigt war, eingezeichnet. Das Oberflächenfeld wurde in Länge und Breite halbiert und der Mittelpunkt des Feldes mit einem Kreuz gekennzeichnet.

Auf einer Seite des Phantoms befand sich ein Raster mit 1 cm großen Abständen. Es war durch eine verschiebliche Verbindung möglich, jeden Zentimeterpunkt auf dem Raster einzustellen. Im Phantom bewegte sich in gleichem Abstand die Mikrokammer mit.

In der Zentralstrahlebene wurde so das gesamte Phantom in Abständen von 1 cm durchgemessen. Bei allen Versuchen wurden die gleichen Bedingungen beibehalten.

Alle Messungen erfolgten mit der gleichen Mikrokammer und dem gleichen Dosimeter. Nach jeder durchgemessenen Reihe wurde die Feldlage erneut überprüft und gegebenenfalls justiert. Die Mikrokammer wurde genau in die Ausgangslage gebracht. Auf der Rasterseite des Phantoms wurde ein transparentes Millimeterpapier befestigt, auf dem nach jeder Messung die Anzahl der Duplexsprünge eingetragen wurde. Infolge der Messung in Abständen von 1 cm ergab sich eine geringe Ungenauigkeit, besonders in dem eng zusammenliegenden Bereich der 75 % und 80 % Isodose. Eine Messung in noch engerem Raster war aber schon allein durch die Größe der Mikrokammer (0,7 cm) nicht möglich.

Eine Messung bestand aus 504 Einzelmessungen. Für eine Einzelmessung wurden etwa 4 Minuten benötigt. Zur Schonung des Gerätes wurde etwa alle 3 Stunden eine Pause von 30 - 50 Minuten eingelegt.

Die ersten 4 Messungen wurden mit 42 MeV Photonen durchgeführt, die 5. bis 8. mit 25 MeV. Es wurden jeweils 270 Monitor-Sprünge vorgewählt. Der Pendel-

winkel betrug immer 180° (90° beidseits), und es wurden stets vollständige Pendelbewegungen ausgeführt. Die Ausgangslage war immer die Horizontale. Die Aussteuerung war so, daß pro Pendelbewegung immer die gleiche Sprungzahl ablief. Die Pendelachse lag in Phantommitte in 10 cm Tiefe von der Oberfläche. Der Pendelradius betrug bei allen Messungen 120 cm.

Die 42 MeV-Messungen wurden mit Ausgleichskörper 2 durchgeführt, die 25 MeV-Messungen mit Ausgleichskörper 1, der speziell für diese Energie konstruiert worden war.

Die Achsfeldgröße wurde je 4mal geändert. Die einzelnen Achsfeldbreiten betrugen 6, 8, 10, 12 cm. Die Länge wurde konstant auf 12 cm gehalten. Daraus ergibt sich folgendes Schema:

Messungen mit Photonen von 42 MeV (25 MeV)

Pendelbestrahlung mit Ausgleichskörper 2 (Ausgl. K. 1)

(1) Pendelradius:	120 cm
(2) Pendelachslage:	Phantommitte in 10 cm Tiefe von der Oberfläche
(3) Achsfeldgröße:	6 x 12 cm, 8 x 12 cm, 10 x 12 cm, 12 x 12 cm
(4) Pendelwinkel:	180° (90° beidseits)
Monitorvorwahl:	270 Sprünge für jeweils 4 vollständige Pendelbewegungen.

DISKUSSION DER MESSERGEBNISSE

Bei allen 25 MeV Messungen und bei den Feldgrößen 8 x 12 cm, 10 x 12 cm und 12 x 12 cm der 42 MeV Messungen liegt die Hauptausdehnung der 100 % Isodose über der Pendelachse. Dies ist um so ausgeprägter, je größer das Feld ist. Bei Verbreiterung des Feldes folgt eine Auswanderung des Dosismaximums auf der Winkelhalbierenden in der Einstrahlrichtung. Bei den 12 x 12 cm großen Feldern liegt die 100 % Isodose fast in ihrer ganzen Ausdehnung über der Pendelachse.

Die 100 % Isodose bei dem 6 x 12 cm großen Feld mit 42 MeV liegt dagegen in ihrer Hauptausdehnung unter der Drehachse.

Die 100 % Isodosen sind an ihrer breitesten Stelle bei engem Feld gleich der Achsfeldbreite; bei weitem Feld etwa 1 cm schmäler als die Achsfeldbreite.

Die 100 % Isodosen sind in ihrer Form elliptisch, jedoch auf der nicht überpendelten Phantomseite

abgeflacht.

Die 75 % und 50 % Isodosen sind fast konzentrisch mit leichter ellipsoider Ausweitung in der Einstrahlrichtung.
Auffallend ist also der steile Abfall von 75 % auf 50 %.

Die 75 % Isodosen weisen nicht die Abplattung auf der nicht überpendelten Phantomseite auf.

Die 25 % Isodosen erfahren eine Abknickung. Sie beschreiben unter der Phantomoberfläche einen Bogen nach lateral. Dies führt zu einem S-förmigen Verlauf. Bei großer Feldbreite liegt die obere Abknickung außerhalb des Phantoms.

Vergleich der 25 MeV mit den 42 MeV Isodosen

Im Unterschied zu den 42 MeV Isodosen ist bei den 25 MeV Isodosen der ovale Verlauf auffallend. Die 50 % und 75 % Isodosen sind in ihrer Grundform nicht mehr rund, sondern oval gestreckt, wobei die größere Achse der Ellipse mit der Winkelhalbierenden des Pendelwinkels zusammenfällt.

Ausdehnung der 75 % Isodosen bei 25 MeV

6 x 12	Breite 5,6 cm	Tiefe 7 cm
8 x 12	Breite 8 cm	Tiefe 9 cm
10 x 12	Breite 11 cm	Tiefe 11,5 cm

Die Auswanderung der 100 % Isodose ist nicht so stark vorhanden wie bei der 42 MeV Messung. Die 100 % Isodose liegt in ihrer Hauptausdehnung über der Pendelachse. Die Pendelachse liegt bei allen 4 Messungen innerhalb der 100 % Isodosen, jeweils an deren unteren Begrenzung.

Die 25 % Isodose erfährt die gleichen Abknickungen wie bei den Messungen mit 42 MeV.

Bei schmalem Feld verlaufen die 25 MeV Isodosen enger als die 42 MeV Isodosen. Bei breitem Feld nähern sich die Werte an.

So ist die Breite der 100 % Isodose

bei 42 MeV		bei 25 MeV
6 x 12	6 cm	4,4 cm
8 x 12	7 cm	5 cm
10 x 12	8 cm	8,8 cm
12 x 12	11,2 cm	11 cm

Die 75 % Isodosen aller Messungen befinden sich innerhalb der Phantomgrenzen.

Für die Anwendung dieser Art der Bestrahlung kommen vor allem zentral gelegene Tumoren in Betracht. Geeignet wäre diese Methode zum Beispiel zur Bestrahlung eines Prostata Ca

oder zur Bestrahlung des Corpus uteri, bei Aussparung der beiden Parametrien.

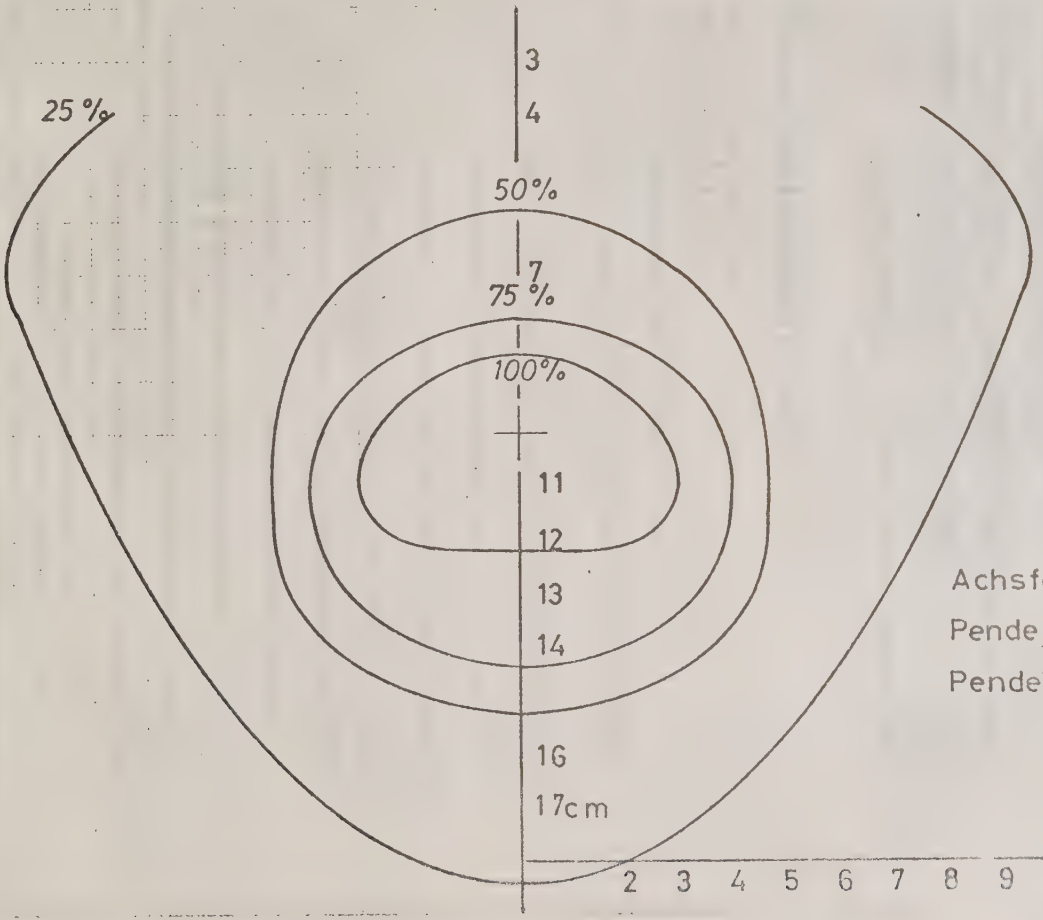
Aus den oben aufgeführten Messungen ist somit zu ersehen, daß bei Anwendung hochenergetischer Photonen zur zentrischen Pendelbestrahlung eine maximale Konzentration des Dosismaximums auf den Pendelachsenbereich möglich ist. Jedoch ist diese Dosismassierung ähnlich wie bei der Anwendung von konventionellen Röntgenstrahlen abhängig von der Feldbreite und dem Pendelwinkel. Aus den Messungen ist zu ersehen, daß auch unter Anwendung hochenergetischer Photonen bei Achsfeldbreiten über 6 cm die Maximaldosis sich in Richtung der Winkelhalbierenden vom Drehpunkt entfernt.

Für die Strahlentherapie wird man demnach auch nur kleine Achsfeldbreiten benutzen können.

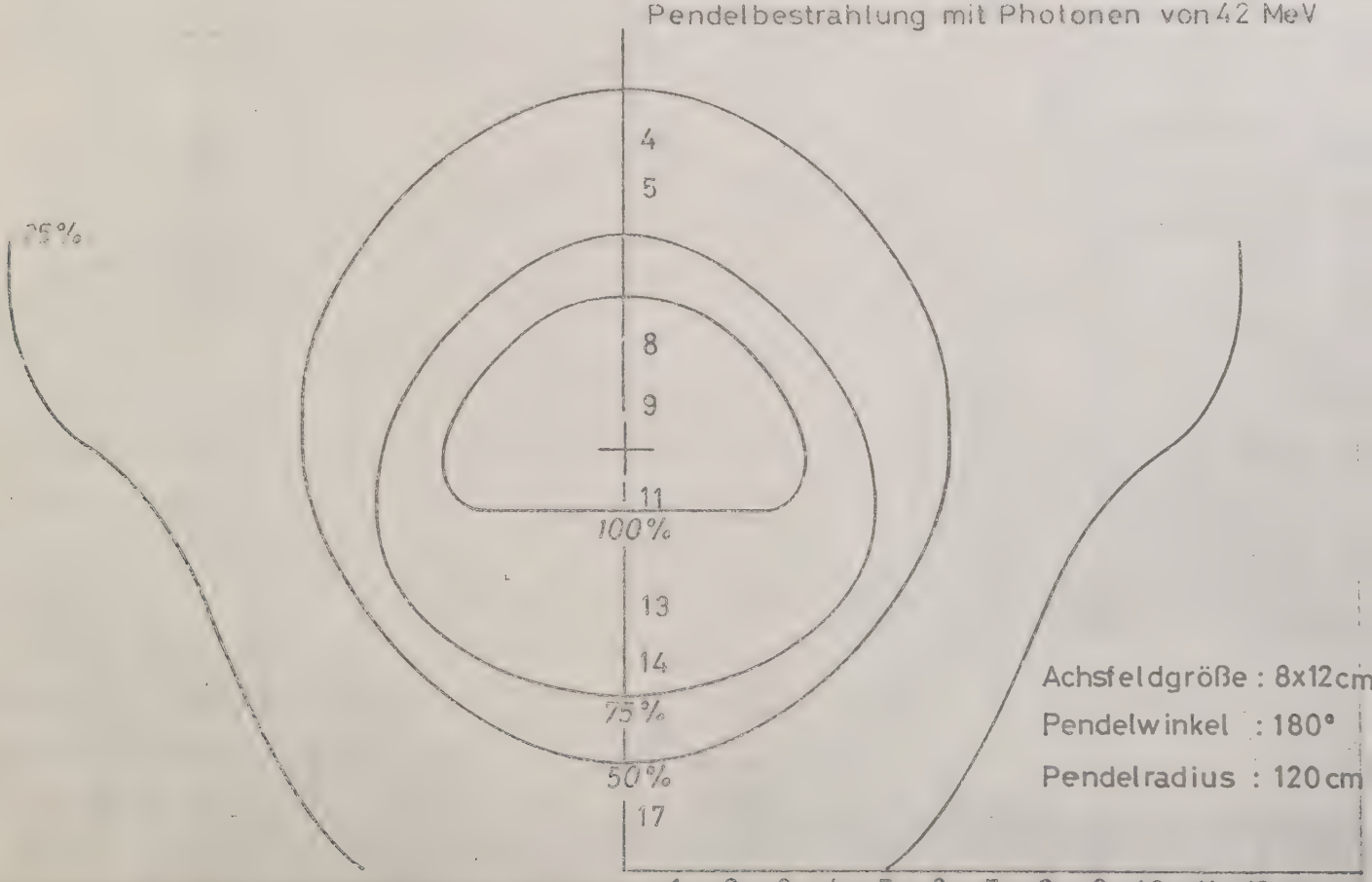
ZUSAMMENFASSUNG

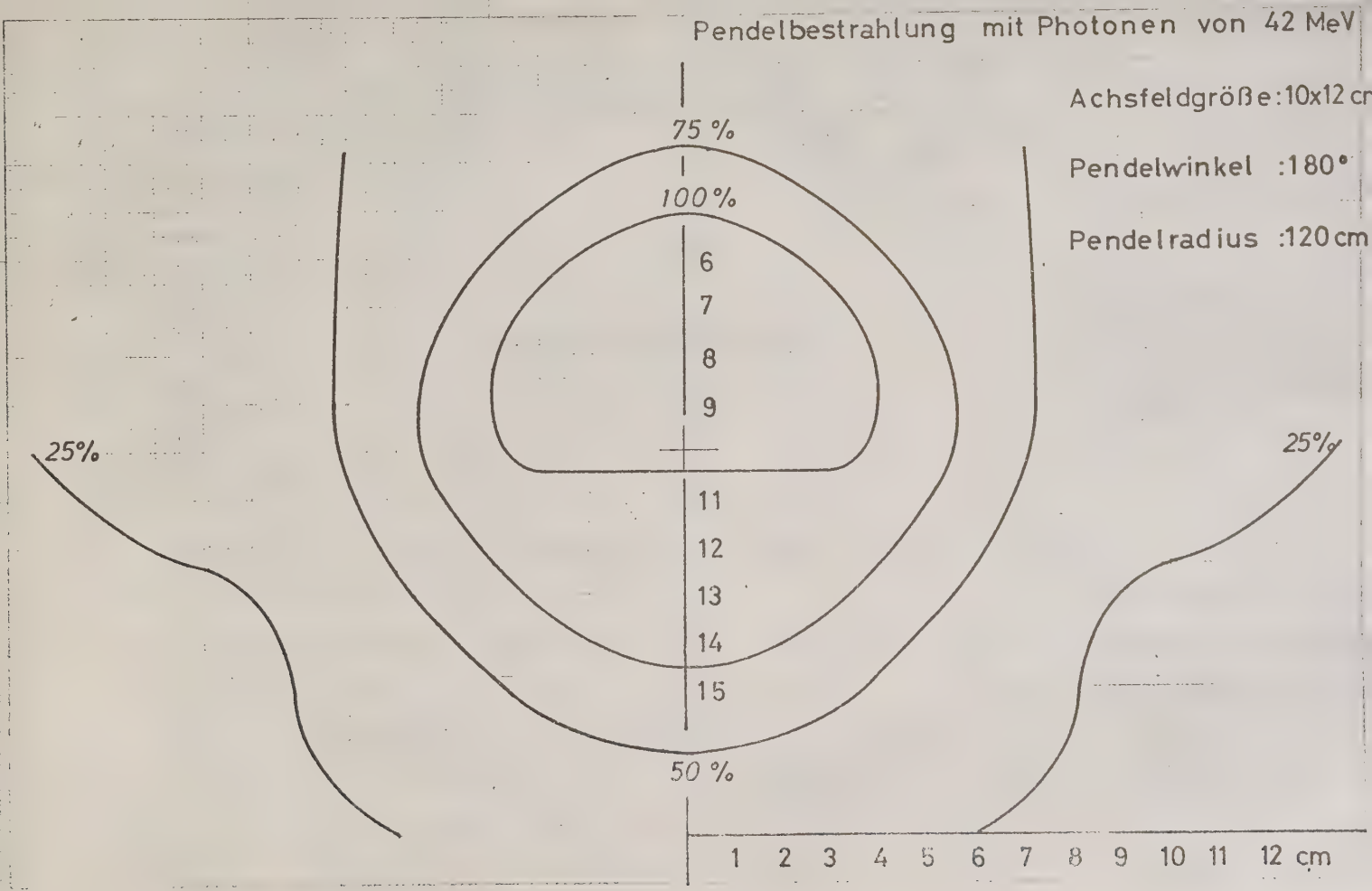
Mit dem Siemens 42 MeV Betatron wurden Pendelungen um 180° mit 25 MeV und 42 MeV durchgeführt. Die in einem körperähnlichen Wasserphantom gemessenen Isodosen wurden aufgezeichnet und diskutiert.

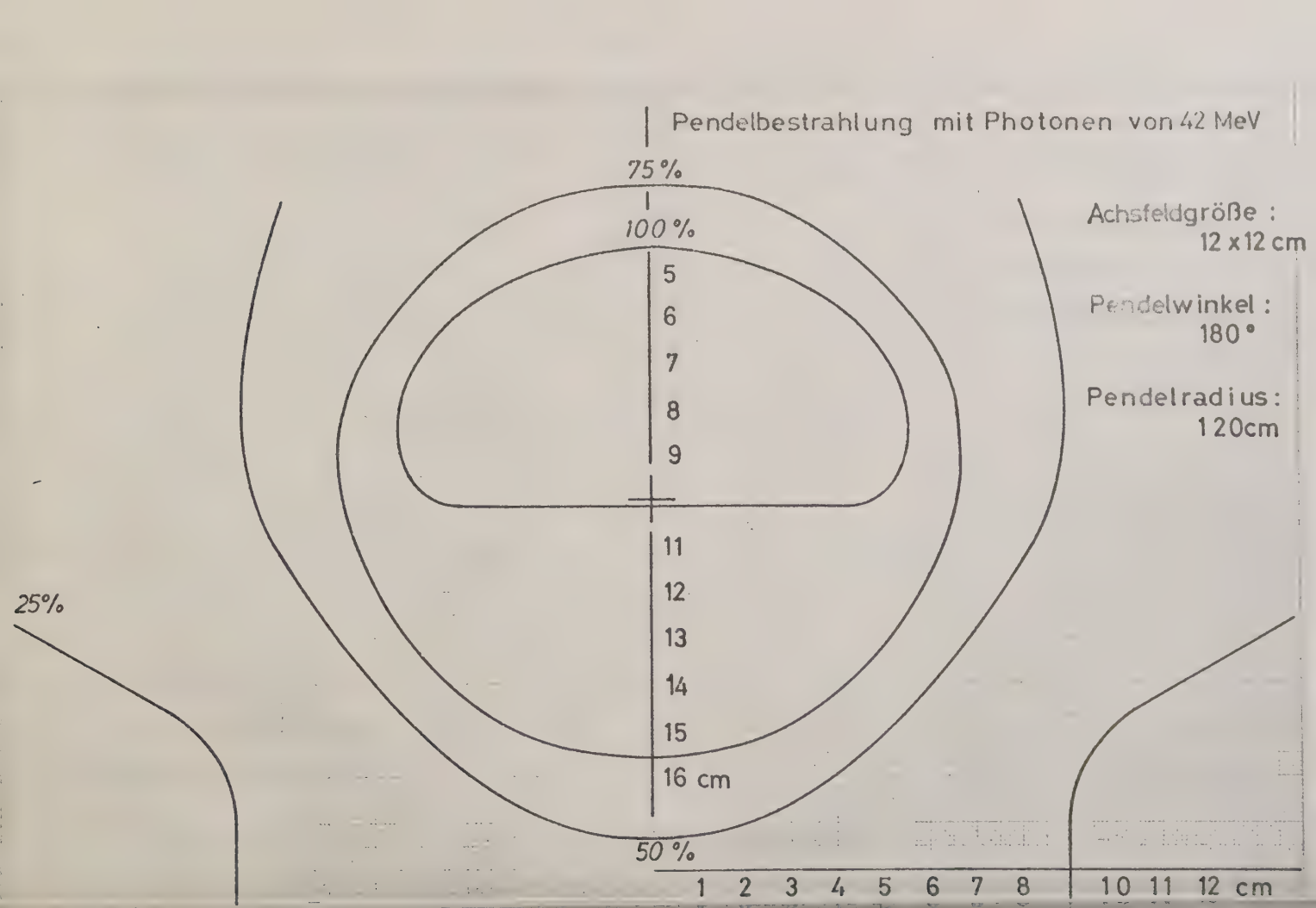
Pendelbestrahlung mit Photonen von 42 MeV

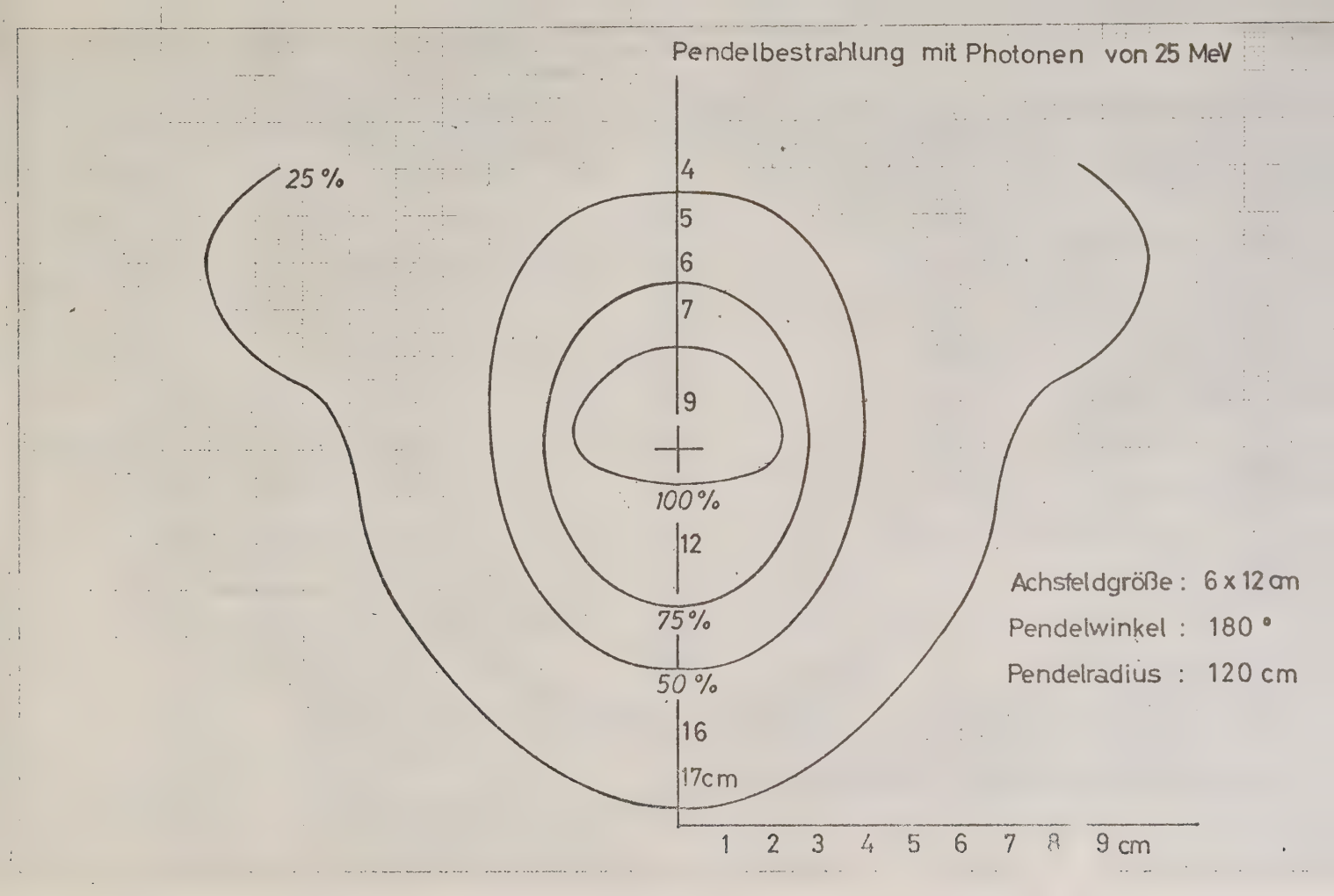


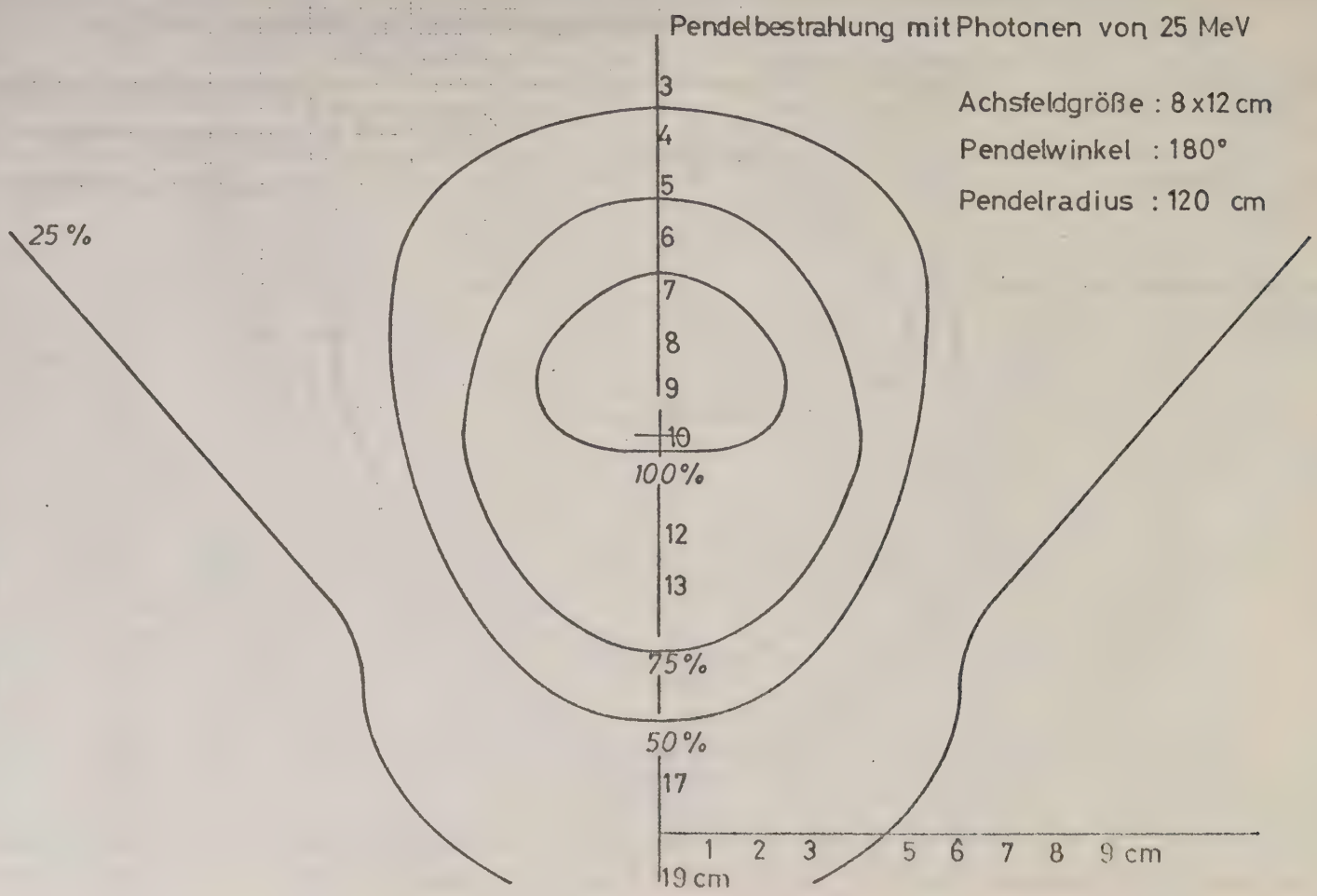
Achsfeldgröße: 6x12cm
Pendelwinkel : 180°
Pendelradius : 120 cm

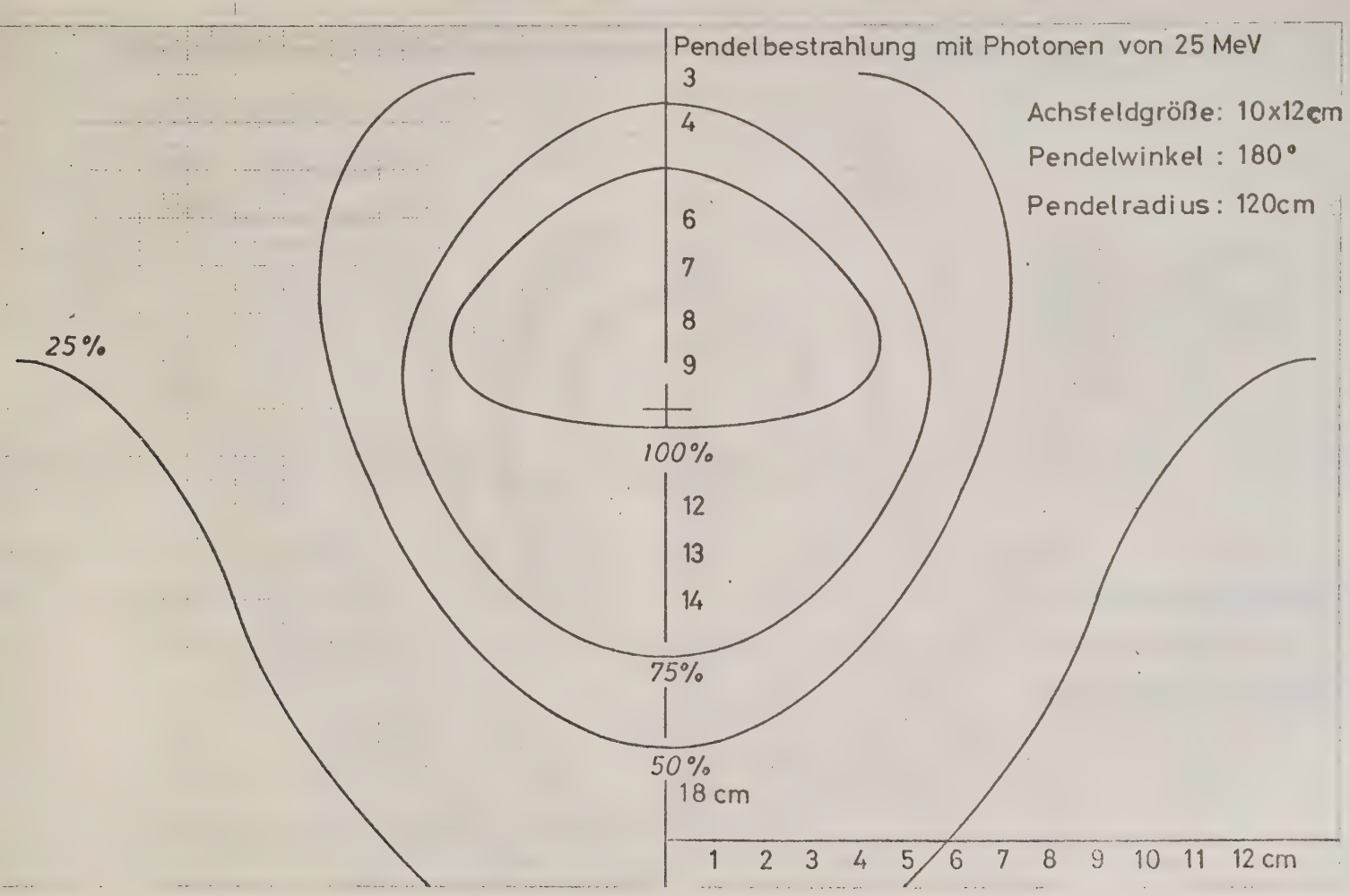

Pendelbestrahlung mit Photonen von 42 MeV
4
5
8
9
11
100%
13
14
75%
50%
17
Achsfeldgröße : 8x12cm
Pendelwinkel : 180°
Pendelradius : 120cm
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 cm

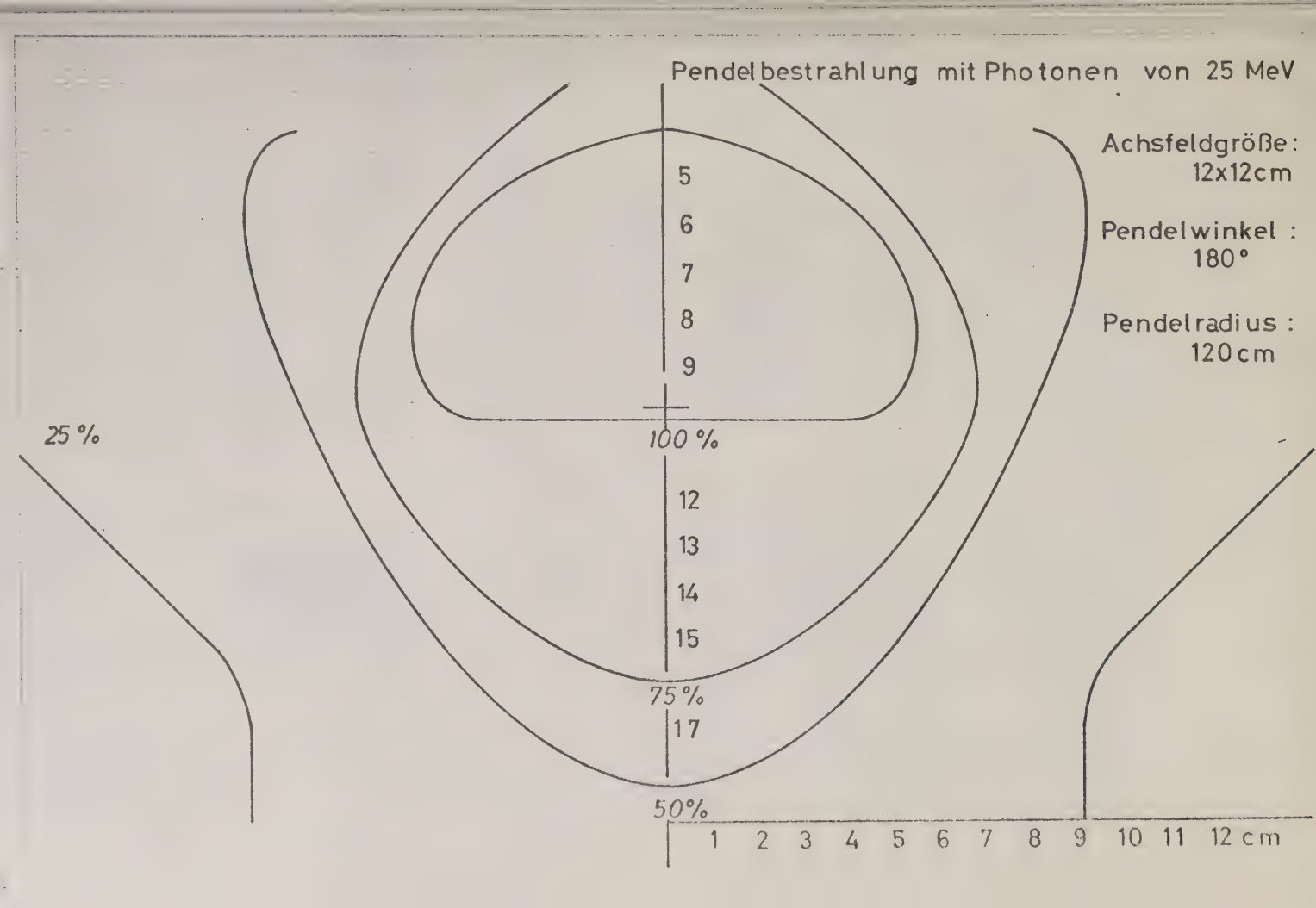

Pendelbestrahlung mit Photonen von 42 MeV
Achsfeldgröße: 10x12 cm
Pendelwinkel : 180°
Pendelradius : 120 cm
75 %
100 %
6
7
8
9
11
12
13
14
15
50 %
25%
25%
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 cm


Pendelbestrahlung mit Photonen von 42 MeV
75 %
100 %
5
6
7
8
9
11
12
13
14
15
16 cm
50 %
25%
Achsfeldgröße :
12 x 12 cm
Pendelwinkel :
180°
Pendelradius :
120cm
1 2 3 4 5 6 7 8
10 11 12 cm


Pendelbestrahlung mit Photonen von 25 MeV
25 %
4
5
6
7
9
100 %
12
75 %
50 %
16
17cm
1 2 3 4 5 6 7 8 9 cm
Achsfeldgröße : 6 x 12 cm
Pendelwinkel : 180 °
Pendelradius : 120 cm


Pendelbestrahlung mit Photonen von 25 MeV
Achsfeldgröße : 8 x 12 cm
Pendelwinkel : 180°
Pendelradius : 120 cm
25 %
3
4
5
6
7
8
9
10
100 %
12
13
75 %
50 %
17
1 2 3 5 6 7 8 9 cm
19 cm


Pendelbestrahlung mit Photonen von 25 MeV
Achsfeldgröße: 10x12cm
Pendelwinkel : 180°
Pendelradius : 120cm
3
4
6
7
8
9
100%
12
13
14
75%
50%
18 cm
25%
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 cm


Pendelbestrahlung mit Photonen von 25 MeV
Achsfeldgröße: 12x12cm
Pendelwinkel : 180°
Pendelradius : 120cm
5
6
7
8
9
100 %
12
13
14
15
75 %
17
50%
25 %
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 cm

SCHRIFTTUMSVERZEICHNIS

1. BAILY, N. A., V. E. YODER: Isodose curves for horizontal rotation therapy with 2 MVP roentgen rays. Radiology 72 (1959): 406-411

2. BECKER, J., R. BLÖCH, F. WACHSMANN: Kreuzfeuer und Bewegungsbestrahlung beim Betatron. Strahlentherapie 98 (1955): 297-307

3. BRAUN, E., E. PETERSILKA: Die 42-MeV-Betatron Anlage in der Strahlentherapeutischen Abteilung der Allgemeinen Ortskrankenkasse Köln. Röntgenblätter 20 (1967): 189-194

4. EBERL, J.: Isodosen in der Bewegungsbestrahlung. Strahlentherapie 117 (1962): 300-315

5. FEHRENTZ, D., H. KUTTIG: Vergleich von Dosisverteilungen bei ultraharten Röntgenstrahlen bis 42 MeV und Kobalt-60-Gammastrahlen. Strahlentherapie 139 (1970): 143-158

6. FEHRENTZ, D., H. KUTTIG, U. HYMMEN, A. FORNUSEK: Bewegungsbestrahlung mit schnellen Elektronen zur Tiefentherapie. Strahlentherapie 137 (1969): 509-517

7. FRIEDMANN, M., G. J. HINE, J. DRESNER: Principles of Supervoltage (2 Million Volts) Rotation Therapy. Radiology 64 (1955): 1-16

8. GUND, K., R. SCHITTENHELM: Die physikalischen Eigenschaften der Strahlenbündel der 15-MeV-Elektronenschleuder der Siemens Reiniger Werke. Strahlentherapie 92 (1953): 506-531

9. HEINZLER, F., M. HOHN, H. L. MOHR: Untersuchungen mit Ionisationskammern zur Bestimmung der Isodosen bei der Pendelbestrahlung mit ultraharten Röntgenstrahlen einer 15 MeV-Elektronenschleuder-Betatron. Strahlentherapie 112 (1960): 428-442

10. HEINZLER, F., H. L. MOHR: Untersuchungen mit Ionisationskammern zur Bestimmung der Isodosen bei der Pendelbestrahlung mit ultraharten Röntgenstrahlen einer 15 MeV-Elektronenschleuder-Betatron. II. Untersuchungen am "seitlich hochgestellten" Phantom. Strahlentherapie 113 (1960): 619-628

11. HEINZLER, F., H. L. MOHR: Untersuchungen mit Ionisationskammern zur Bestimmung der Isodosen bei der Pendelbestrahlung mit ultraharten Röntgenstrahlen einer 15 MeV-Elektronenschleuder-Betatron. III. Untersuchungen am "liegenden" Phantom zur Erlangung eines größeren Bestrahlungsfeldes. Strahlentherapie 114 (1961): 103-112

12. HEINZLER, F., H. L. MOHR: Untersuchungen mit Ionisationskammern zur Bestimmung der Isodosen bei der Pendelbestrahlung mit ultraharten Röntgenstrahlen einer 15 MeV-Elektronenschleuder-Betatron. IV. Zur Frage der Herddosis beliebiger symmetrischer Pendelwinkel. Strahlentherapie 114 (1961): 281-285

13. HEINZLER, F., H. L. MOHR: Untersuchungen mit Ionisationskammern zur Bestimmung der Isodosen bei der Pendelbestrahlung mit ultraharten Röntgenstrahlen einer 15 MeV-Elektronenschleuder-Betatron. V. Untersuchungen am "liegenden" Phantom zur Anwendung asymmetrischer Pendelwinkel. Strahlentherapie 114 (1961): 472-478

14. HEINZLER, F., H. L. MOHR: Untersuchungen mit Ionisationskammern zur Bestimmung der Isodosen bei der Pendelbestrahlung mit ultraharten Röntgenstrahlen einer 15 MeV-Elektronenschleuder-Betatron. VI. Die Verteilung und Errechnung der Dosis für das Abdomen und den Thorax von jugendlichen Patienten. Strahlentherapie 117 (1962): 452-469

15. HEINZLER, F., H. L. MOHR: Untersuchungen mit Ionisationskammern zur Bestimmung der Isodosen bei der Pendelbestrahlung mit ultraharten Röntgenstrahlen einer 15 MeV-Elektronenschleuder-Betatron.

VII. Zur Frage der Abhängigkeit der Isodosen von den verschiedenen Feldgrößen.
Strahlentherapie 119 (1962): 378-388

16. HEUSS, K., W. HOEFFKEN: Zur Anwendung der Pendelbestrahlung mit schnellen Elektronen in der Tiefentherapie.
Strahlentherapie 138 (1969): 40-49

17. KRIESTER, A., G. GESKE, G. NITSCH: Strahlentherapeutischer Einsatz des Jenaer 30-MeV Betatrons.
Radiobiologia Radiotherapia (Berl.) 7 (1966): 437-442

18. KÜNKEL, H. A.: Physikalische Grundlagen.
In: Die Supervolttherapie, Hrsg. J. Becker, G. Schubert
Thieme: Stuttgart 1961

19. KUTTIG, H.: Die Lage des Dosismaximums bei der Pendel- und Pendelkonvergenzbestrahlung.
Strahlentherapie 102 (1957): 613-616

20. MILLER, C. W.: Travelling-wave linear accelerator for X-ray therapy.
Nature 171 (1953): 297-298

21. NEUMANN, W., F. WACHSMANN: Über die Rotationsbestrahlung mit extrem kleinen Feldern.
Strahlentherapie 74 (1944): 340-350

22. SCHEER, K. E.: Geräte und Konstruktionsmerkmale.
In: Die Supervolttherapie, Hrsg. J. Becker, G. Schubert
Thieme: Stuttgart 1961

23. TRUMP, J. G., K. A. WRIGHT, W. W. EVANS: Two million volt roentgen therapy using rotation. Americ. J. Roentgenology and Radiother. 66 (1951): 613-623

24. WAMBERSIE, A.: Contribution à l'étude de l'efficacité biologique relative des faisceaux de photons et d'électrons de 20 MeV du betatron. J. belge Radiol., Monogr. 1 (1967): 1-135

25. WEITZEL, G.: Ultraharte elektromagnetische Strahlen. In: Die Supervolttherapie, Hrsg. J. Becker, G. Schubert Thieme: Stuttgart 1961 (245-303)

DANKSAGUNG

Ich danke Herrn Professor Dr. med. Sommer für die freundliche Überlassung des Themas. Ebenso danke ich Herrn Dr. med. Schmidt-Hermes für die Hilfe, die er mir bei der Arbeit zuteil werden ließ.

LEBENSLAUF

Am 5. 3. 1944 wurde ich in Quierschied als Sohn des Rektors Klaus Rohr und dessen Ehefrau Hildegard, geb. Meiser, geboren. Von 1950 - 1955 besuchte ich die Volksschule, danach das Staatliche Realgymnasium in Völklingen, wo ich 1964 das Abitur bestand. Bis 1966 leistete ich meinen Militärdienst bei der Bundeswehr ab. Seit dem Sommersemester 1966 studiere ich an der Universität des Saarlandes Medizin. Seit August 1969 bin ich verheiratet.

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre hiermit eidesstattlich, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig verfaßt habe, keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und die den verwendeten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen kenntlich gemacht habe, und daß ich mit der vorliegenden Dissertationsschrift an keiner anderen Universität versucht habe zu promovieren.

Paul Rohr

(Paul Rohr)